



**VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ**

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

**FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ**

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

**ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE**

INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

**PŘÍSTUP MALÝCH A STŘEDNÍCH FIREM K VYUŽITÍ  
LASEROVÝCH STROJŮ**

A SMALL AND MEDIUM COMPANIES APPROACH TO THE USE OF LASER MACHINES

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

BACHELOR'S THESIS

**AUTOR PRÁCE**

AUTHOR

**Tomáš Faltus**

**VEDOUCÍ PRÁCE**

SUPERVISOR

**Ing. Milan Kalivoda**

**BRNO 2021**

# Zadání bakalářské práce

Ústav: Ústav strojírenské technologie  
Student: **Tomáš Faltus**  
Studijní program: Strojírenství  
Studijní obor: Strojírenská technologie  
Vedoucí práce: **Ing. Milan Kalivoda**  
Akademický rok: 2020/21

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

## **Přístup malých a středních firem k využití laserových strojů**

### **Stručná charakteristika problematiky úkolu:**

Laserová technologie je v současné době poměrně rozšířená, vybavují se jí i malé a střední firmy. Výrobní sortiment je závislý především na objednávkách zákazníků.

### **Cíle bakalářské práce:**

- Princip laserové technologie ve vazbě na současné stroje.
- Strojový park v malých a středních firmách.
- Výrobní sortiment firem.
- Příklad výrobního procesu.
- Zhodnocení.

### **Seznam doporučené literatury:**

FOREJT, Milan a Miroslav PÍŠKA. Teorie obrábění, tváření a nástroje. 1. vyd. Brno: CERM, s. r. o., 2006. 225 s. ISBN 80-214-2374-9.

HLAVENKA, Bohumil. Manipulace s materiálem: Systémy a prostředky manipulace s materiálem. 4. vyd. Brno: CERM, s. r. o., 2008. 163 s. ISBN 978-80-214-3607-7.

IMAI, Masaaki. Kaizen. 1. vyd. Brno: Computer Press, a. s., 2004. 272 s. ISBN 80-251-0461-3.

LEINVEBER, Jan a Pavel VÁVRA. Strojnické tabulky. 3. vyd. Úvaly: ALBRA, 2006. 914 s. ISBN 80-7361-033-7.

MAŇKOVÁ, Ildikó. Progresívne technológie (Advanced methods of material removal). 1. vyd. Košice: Viena, 2000. 276 s. ISBN 80-7099-430-4.

MÁDL, Jan et al. Jakost obráběných povrchů. 1. vyd. Ústí nad Labem: UJEP, 2003. 180 s. ISBN 80-7044-639-4.

PÍŠKA, Miroslav et al. Speciální technologie obrábění. 1. vyd. Brno: CERM, s. r. o., 2009. 252 s. ISBN 978-80-214-4025-8.

Příručka obrábění, kniha pro praktiky. 1. vyd. Praha: Sandvik CZ, s. r. o. a Scientia, s. r. o., 1997. 857 s. ISBN 91-972299-4-6.

PTÁČEK, Luděk et al. Nauka o materiálu I. 2. vyd. Brno: CERM, s. r. o., 2003. 516 s. ISBN 80-72-4283-1.

PTÁČEK, Luděk et al. Nauka o materiálu II. 2. vyd. Brno: CERM, s. r. o., 2003. 516 s. ISBN 80-72-4283-1.

SHAW, Milton Clayton. Metal Cutting Principles. 2nd ed. Oxford: Oxford University Press, 2005. P. 651. ISBN 0-19-514206-3.

ZEMČÍK, Oskar. Nástroje a přípravky pro obrábění. 1. vyd. Brno: CERM, s. r. o., 2003. 193 s. ISBN 80-214-2336-6.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2020/21

V Brně, dne

L. S.

---

doc. Ing. Petr Blecha, Ph.D.  
ředitel ústavu

---

doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.  
děkan fakulty

## ABSTRAKT

Tato bakalářská práce se zaměřuje na laserovou technologii. Předkládá princip a typy laserů a využití laserů v průmyslu. Rovněž je rozebrán proces řezání, svařování, značení, vrtání a další operace, které je možné na laseru provádět. Následuje definování malé a střední firmy a u každé z nich je uvedena jedna situace z praxe. Jak u malé, tak střední firmy je uveden strojový park a výrobní sortiment. V závěru tématu jsou přiloženy dvě ukázky výrobního procesu, které jsou mezi sebou porovnány. V prvním případě se jedná o složitější součást vyráběnou pouze pomocí laseru a ve druhém případě o jednodušší součást vyráběnou pomocí více strojů.

## Klíčová slova

Laser, malá a střední firma, řezání, výrobní sortiment, paprsek

## ABSTRACT

This bachelor thesis focuses on laser technology. It presents the principle and types of lasers and the use of lasers in the industry. The process of cutting, welding, marking, drilling, and other operations that can be performed on the laser, are also discussed. The following part of the thesis defines a small and medium-sized company, and for each of them is given one situation from practice. For the small and medium-sized companies, their machinery and product range is listed. At the end of the bachelor's thesis, two examples of the production process are included and then further compared with each other. In the first case, it is a more complex part produced only by laser, and in the second instance, it is a simpler part produced by more machines.

## Key words

Laser, small and medium-sized company, cutting, production range, laser beam

## BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

FALTUS, Tomáš. *Přístup malých a středních firem k využití laserových strojů* [online]. Brno, 2021 [cit. 2021-04-07]. Dostupné z: <https://www.vutbr.cz/studenti/zav-prace/detail/131979>. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav strojírenské technologie. Vedoucí práce Milan Kalivoda.

## PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma **Přístup malých a středních firem k využití laserových strojů** vypracoval samostatně s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených na seznamu, který tvoří přílohu této práce.

19.5.2021

Datum

Tomáš Faltus

## **PODĚKOVÁNÍ**

Děkuji tímto Ing. Milanu Kalivodovi za cenné připomínky a rady, které mi poskytl při vypracování bakalářské práce.

Také bych chtěl poděkovat své rodině a blízkým za podporu a cenné rady během celého studia.

**OBSAH**

ABSTRAKT .....	3
BIBLIOGRAFICKÁ CITACE .....	3
PROHLÁŠENÍ.....	4
PODĚKOVÁNÍ .....	5
OBSAH.....	6
ÚVOD.....	8
1 LASEROVÉ STROJE .....	9
1.1 Historie.....	9
1.2 Současnost .....	9
1.3 Princip laserů .....	9
1.4 Typy laserů .....	10
1.4.1 Pevnolátkové lasery .....	10
1.4.2 Plynové lasery .....	11
1.4.3 Polovodičové lasery .....	11
1.4.4 Kapalinové lasery .....	12
1.4.5 Vláknové lasery .....	12
1.5 Použití laseru v průmyslu .....	13
1.5.1 Značení a popisování laserem.....	13
1.5.2 Řezání laserem.....	15
1.5.3 Svařování laserem.....	16
1.5.4 Gravírování laserem.....	16
1.5.5 Vrtání laserem.....	17
1.5.6 Tepelné zpracování .....	17
2 MALÉ A STŘEDNÍ FIRMY .....	19
2.1 Strojový park malé firmy .....	19
2.2 Strojový park střední firmy .....	21
3 VÝROBNÍ SORTIMENT FIREM .....	23
3.1 Výrobní sortiment malé firmy .....	23
3.2 Výrobní sortiment střední firmy .....	24
4 PŘÍKLAD VÝROBNÍHO PROCESU .....	28
4.1 Výrobní proces složitější tvaru součásti na jednom stroji .....	28
4.1.1 Složitější součást.....	28
4.1.2 Strojový park pro složitější součást .....	28
4.1.3 Výrobní postup složitější součásti .....	29

4.2	Výrobní proces jednoduššího tvaru součásti na více strojích .....	29
4.2.1	Jednodušší součást .....	29
4.2.2	Strojový park pro jednodušší součást .....	30
4.2.3	Výrobní postup jednodušší součásti .....	30
5	VYHODNOCENÍ .....	32
6	DISKUZE .....	33
6.1	Možnosti zlepšení .....	33
6.2	Osobní zkušenost s laserovou technologií v praxi .....	33
	ZÁVĚR .....	34
	SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ .....	35
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK .....	38
	SEZNAM PŘÍLOH .....	39



## ÚVOD

V dnešní době je technologie laseru velmi rozšířená. Můžeme se s ní setkat v mnoha oborech, jedním z nich je medicína, kde je rozsah využití široký. Používá se například u očních operací, v dermatologii k odstraňování mateřských znamének, u chirurgických zákroků, nebo ve stomatologii. Mezi další uplatnění laserů patří například čtečka čárových kódů, laserové ukazovátko a laserové tiskárny. [1]

Veliké uplatnění si laser našel i v odvětví průmyslu, kde se používá pro mnoho operací. Pomocí něj můžeme například řezat, vrtat, svařovat, kalit, značit a gravírovat materiál. Tyto operace ulehčují práci prakticky ve všech výrobních odvětvích. [1]

Pro svoji velikou škálu výhod se lasery staly velmi oblíbenými. Mezi ně patří například vysoká flexibilita a hodí se jak pro kusovou, tak i sériovou výrobu. Jejich využití nalezneme v malých, středních i velkých firmách. Také díky schopnostem, jako jsou rychlý proces obrábění, minimální tepelné ovlivnění okolního materiálu, minimální hluchnost, a dalším výhodám, si získaly velikou oblibu.

Tato technologie se rychle vyvíjí a bude zajímavé sledovat, jaké možnosti v budoucnu nabídne. Každý rok jsou představovány lasery o větším výkonu a pro řezání širšího spektra materiálů. S rostoucím nástupem robotiky toto odvětví ještě poroste a bude mít velký potenciál z důvodu efektivity práce a veliké přesnosti.

Laserová technologie je v řešeném tématu rozebrána z pohledu na vazbu malé a střední firmy, jejich strojový park a výrobní sortiment. Následně jsou uvedeny možnosti použití laserové technologie v průmyslu a v závěru jsou přiloženy dvě ukázky výrobního procesu.

## 1 LASEROVÉ STROJE

Název LASER je zkratkou z anglického Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation. V překladu to znamená zesilování světla pomocí stimulované emise záření. Stimulovaná emise je proces interakce atomu se světlem a díky tomuto jevu dochází ke vzniku světla, které má unikátní vlastnosti. [2]

### 1.1 Historie

S první zmínkou o laseru přišel roku 1917 Albert Einstein. Předpověděl existenci jevu, který se stal podstatou laseru. Jedná se o stimulovanou emisi. [2, 3]

Předchůdcem laseru byl MASER. Je to zkratka slov Microwave Amplification by Stimulated Emission of Radiation, což v překladu znamená zesilování mikrovln pomocí stimulované emise záření. Měl stejnou funkci jako laser, avšak vyzařoval mikrovlny. Byl sestaven roku 1954 Charlesem Townesem a Jamesem Power Gordonem. [2, 3]

Prvním funkčním laserem se stal až roku 1960 rubínový laser od T.H. Maimana. Od té doby se vývoj neuvěřitelně zrychlil a začaly se objevovat nové a nové možnosti využití. Už roku 1961 byla provedena pomocí laseru operace oka na odstranění nádoru ze sítnice. [2, 3]

### 1.2 Současnost

V současné době lasery zažívají neuvěřitelný rozvoj a jsou běžnou součástí v mnoha odvětvích. Díky tomuto rozvoji laserových technologií umožňuje například revoluční posun v oblasti technologie 3D tisku. Pomocí této aditivní výroby mohou vznikat nové materiálové struktury s unikátními vlastnostmi. Nebo lze třeba také pomocí laserového záření v krátkém čase změnit povrchové vlastnosti běžně používaných materiálů. [4]

Také se velmi zaměřuje na vývoj a optimalizaci v oblasti mikroobrábění, přesného řezání, a hlavně vytvrzování povrchu materiálu rázovou vlnou generovanou laserem. To vede ke zlepšování únavových vlastností a omezují vznik povrchových trhlin. Tato technologie má uplatnění především v leteckém průmyslu. [4]

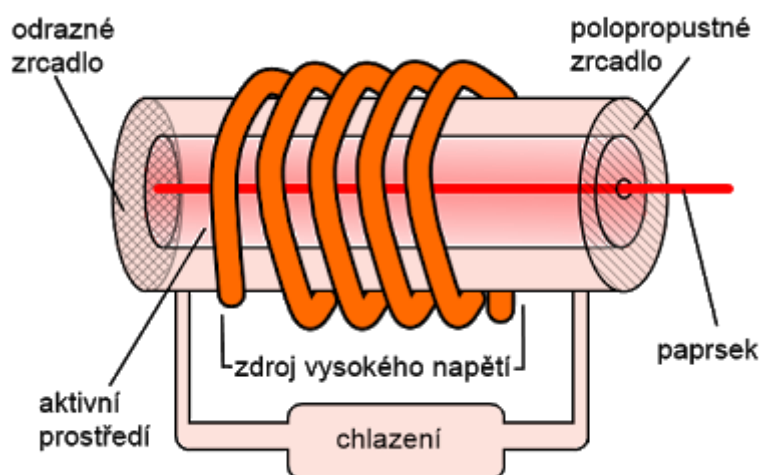
### 1.3 Princip laserů

Laser se skládá ze zdroje energie (například výbojky) a tzv. optického rezonátoru, který je tvořen aktivním prostředím a dvěma zrcadly. Rezonátor slouží k usměrnění energie ze zdroje do podoby laserového paprsku. [5]

Dodávaná energie excituje atomy aktivního prostředí, tedy vybudí jejich elektrony ze základního do vyššího energetického stavu. Excitovaný atom se samovolně vrací do základního stavu, a přitom uvolňuje energii ve formě fotonu. Takový foton má náhodný směr i fázi. Tento jev se nazývá spontánní emise. [5, 6]

Pokud ale do excitovaného atomu ještě před spontánní emisí narazí další foton, nastane jev zvaný stimulovaná emise. Uvolněný foton má poté úplně stejnou frekvenci i fázi jako ten původní. [5, 6]

Umístěním aktivního prostředí mezi zrcadla dochází ke zpětnému odrazu fotonů, což dále podporuje stimulovanou emisi a exponenciálně zesiluje tok fotonů mezi zrcadly. Záření pak opouští rezonátor přes polopropustné zrcadlo jako koherentní světelný svazek. [5, 6]



Obr. 1 Konstrukce laseru [7].

#### 1.4 Typy laserů

Existuje velké množství typů laserů a mnoho kritérií, podle kterých jsou lasery rozdělovány. Rozdělení může být například podle režimu práce, které může být [8]:

- kontinuální,
- impulzní,
- kvazikontinuální.

Dále je možné lasery dělit podle vlnové délky vydávaného záření, podle počtu energetických hladin (2, 3 a více hladinové) nebo způsobu čerpání energie. To je buď optické, elektrické nebo chemické. [8]

Nejčastější rozdělení je však podle aktivního prostředí. To se dělí na [8]:

- pevnolátkové,
- plynové,
- polovodičové,
- kapalinové,
- vláknové.

##### 1.4.1 Pevnolátkové lasery

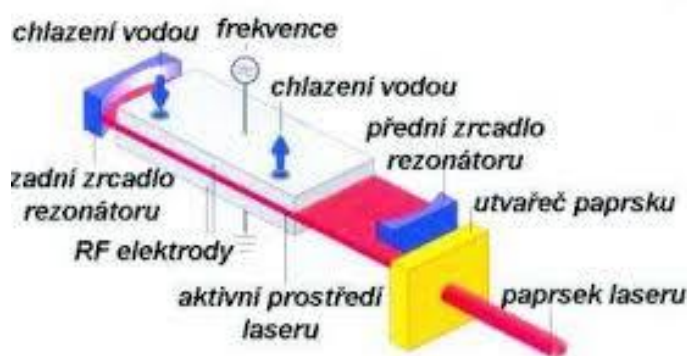
Podle názvu je jasné, že aktivní prostředí tvoří pevná látka. Tento typ laseru může pracovat v různých režimech, za různých podmínek a má malé nároky na údržbu. U pevnolátkových laserů je rezonátor tvořen párem zrcadel. Mezi typické zástupce patří rubínový laser, který byl prvním fungujícím laserem na světě, kde bylo použito krystalu syntetického rubínu. Buzení se provádí pomocí xenonových výbojek nebo polovodičových diod. Jeho výkon se pohybuje okolo 5 W. Při takovém výkonu je zapotřebí chlazení, většinou vodní. Tento typ laseru se využívá převážně v holografii. [8, 9]

V současnosti je nejrozšířenější Nd:YAG. Je to yttrium hliníkový granát s příměsí neodymu, případně chromu (Cr:YAG). Dosahuje výkonu 100 W až 1,2 kW. Obvykle se výkon pohybuje v rozmezí od 100 W do 400 W. Stejně jako rubínové lasery se musejí chladit. Používají se při přesném řezání kovů do tloušťky 10 mm. [8, 9]

### 1.4.2 Plynové lasery

Aktivním médiem plynových laserů je plyn. Pracují převážně v kontinuálním režimu. Budí se buď elektrickým výbojem, chemickou reakcí, fotodisociací, rychlou expanzí plynu, průchodem svazku rychlých elektronů nebo opticky. Mají homogenní aktivní prostředí, což zajišťuje jejich výborné parametry. [10]

Existují různé typy těchto laserů. Jedním z nich je například kontinuální CO<sub>2</sub> laser, který se používá pro řezání, vrtání a značení. Aktivním prostředím tohoto laseru jsou molekuly oxidu uhličitého. Buzení se provádí pomocí elektrického výboje, který zapaluje směs plynů CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub> a He. Dosahují velkých výkonů (řádově kW). [9, 10, 11]



Obr. 2 Konstrukce CO<sub>2</sub> laseru [10].

Dalším typem jsou excimerové lasery, které se používají pro povrchové úpravy a značkování. Aktivním prostředím jsou právě excimery, což jsou nestabilní molekuly. Buzení se provádí elektrickým výbojem nebo svazkem rychlých elektronů. Výkon těchto laserů se pohybuje od 20 W do 250 W. [9, 10]

Mezi poslední typy patří helium–neonový laser a argonový laser. V případě helium–neonového laseru je aktivní prostředí tvořeno vybuzenými atomy neonu. Buzení se provádí v elektrickém výboji ve směsi plynů helia a neonu. Používá se v geodézii a měřicí technice. Co se týče argonových laserů, tak aktivní prostředí tvoří ionty argonu. Buzení se provádí elektrickým výbojem a výkon může dosahovat až 5 kW. [9, 10]

### 1.4.3 Polovodičové lasery

Polovodičové lasery jsou nejrozšířenějšími lasery v současné době. Je to především díky jejich vysoké účinnosti, která je až 50 %. Aktivním prostředím je polovodičový materiál, ve kterém jsou aktivními částicemi nerovnovážné elektrony a díry. Využití naleznu ve výpočetní technice, popisování součástí, řezání a v technologiích Rapid Prototyping. [8, 9]

Představitelem polovodičových laserů je laser buzený svazkem elektronů, kterému se také říká diodový laser. Aktivním prostředím jsou galium arsenid (GaAs), kadmium sulfid (CdS) a kadmium selen (CdSe). Výkon mají od 30 W do 8 kW. [8, 9]

Mezi další představitele patří injekční polovodičové lasery. Aktivní materiál je složen z polovodiče typu P a N. Rezonátor je tvořen vybroušenými stranami polovodičového

materiálu. Laserové záření vzniká pomocí odrazu od zrcadel otevřeného rezonátoru a mnohonásobným přechodem oblastí. [8]

#### 1.4.4 Kapalinové lasery

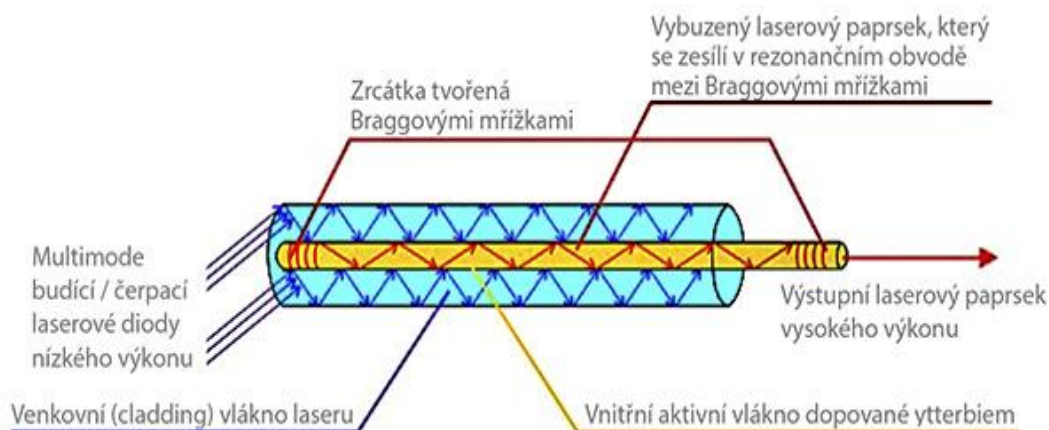
Tyto lasery se převážně používají v oblasti spektrometrie, protože se dají přeladovat na jiné vlnové délky, což je jejich obrovskou výhodou. Aktivním prostředím jsou organická barviva. Mezi ně například patří Rhodamin 6G, Rhodamin B, Fluorescein, Alizarin a další. Nevýhodou kapalinových laserů je krátká životnost způsobená rozkladem aktivního prostředí teplem a světlem. Buzení se provádí pomocí optického záření jiného laseru nebo světlem z výbojky. [8, 9]

#### 1.4.5 Vláknové lasery

Lasery vláknové jsou jedním z nejnovějších typů laserů s mnoha výhodami. Mezi ně například patří jednoduchost, robustnost a vysoká účinnost. Má také nízké nároky na údržbu a nízké provozní náklady. [12]

Vláknové lasery fungují na základě optického vlákna, které je dopované prvky ze skupiny lanthanoidů. K dopování se nejvíce používá erbia nebo ytterbia, popřípadě obě látky společně. Buzení je zajišťováno pomocí velkoplošné polovodičové diody. Rezonátor tu není tvořen jako u pevnolátkových laserů dvěma zrcátky, ale je použita technologie Braggových mřížek. Ty odrážejí pouze vlnovou délku a fungují podobně jako zrcátka. [12]

Jelikož je teplo odváděno velkou plochou vlákna, tak zde není potřeba použití aktivního chlazení. Výkon vláknových laserů se pohybuje v desítkách kilowattů. Dají se používat pro řezání, svařování, gravírování i značení. [12]



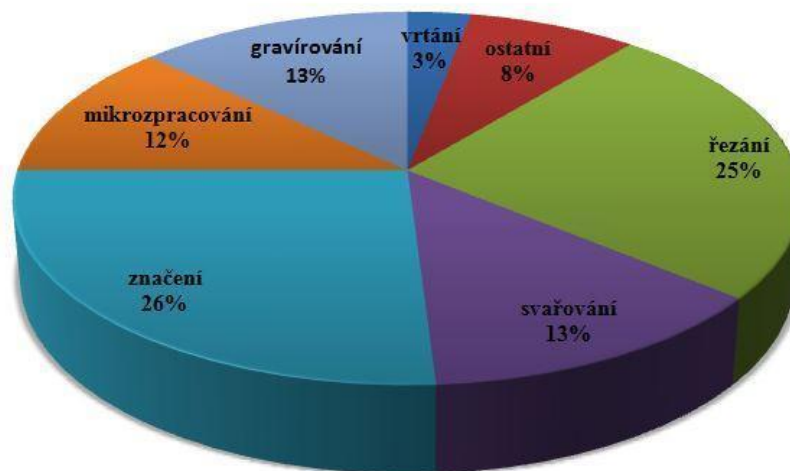
Obr. 3 Konstrukce vláknového laseru [12].

### 1.5 Použití laseru v průmyslu

V průmyslu se laser používá již řadu let a neustále dochází k jeho inovaci. Rostou požadavky na zvyšování kvality a efektivity ve výrobě. Sledují se nové technické možnosti a také ekonomičnost provozu. Jeho použití se v technologii používá převážně pro následující operace [13]:

- značení,
- řezání,
- svařování,
- gravírování,
- vrtání,
- tepelné zpracování.

Procentuální využití jednotlivých operací je znázorněno na obr. 4.



Obr. 4 Grafické využití jednotlivých operací [13].

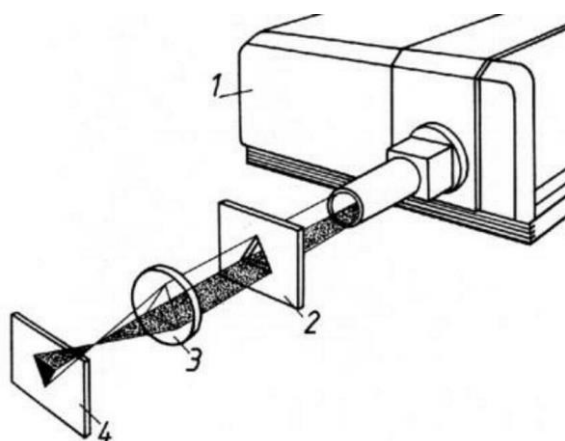
#### 1.5.1 Značení a popisování laserem

Značení je založeno na místním odpaření materiálu nebo na změně barvy povrchu materiálu. Výsledný popis je na povrchu materiálu s vysokou přesností stálý, mechanicky odolný a velmi kontrastní. Celá operace probíhá bez použití chemických přísad, inkoustů nebo mechanických zásahů do struktury. Výška značení se pohybuje v jednotkách milimetrů. Tloušťka odpařené vrstvy materiálu zase v řádu mikrometrů. [14, 15]

Výhodou značení je, že je aplikovatelná na běžně používané materiály. Ať se jedná o kalené nebo nekalené oceli a litiny, titan, mosaz, bronz, hliník, slinutý karbid, plasty, dřevo, sklo a další materiály. Materiál může být také broušený, pískovaný, lakovaný, černěný, smaltovaný nebo může být opatřen různým povlakem. Technologii je možné využívat u rovinných, válcových a jinak zakřivených ploch, a to i na málo přístupných místech. [14, 15]

Popisování lze rozdělit na dvě základní metody. Jednou z nich je popis přes masku. Operace probíhá tak, že celý text popisu je vyříznut v masce, která se vyrábí z mosazi,

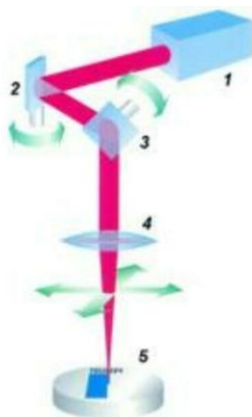
bronzu nebo ušlechtilé oceli. Paprsek osvítí buď najednou nebo po řádcích masku, a tím je popis přenesen na výrobek. Místa, která jsou zakrytá maskou zůstávají nepopsaná. Pro popisování se používají CO<sub>2</sub> lasery, Nd:YAG, excimerové a vláknové lasery. Mezi výhody patří relativně malé pořizovací náklady, vysoká rychlost popisování (až 3 000 znaků za minutu) a jednoduchý systém popisování. Mezi nevýhody popisování přes masku patří malé popisovací pole (10 mm<sup>2</sup> až 40 mm<sup>2</sup>), malá flexibilita, horší kvalita popisu a vyšší náklady na změnu popisu, protože je vždy nutné vyrobit a vyměnit celou masku. Tato metoda se tedy hodí především pro velké série popisovaných součástí. [14]



- 1 – laser
- 2 – maska
- 3 – objektiv pro zaostření paprsku
- 4 – obrobek

Obr. 5 Princip popisování přes masku [14].

Druhou metodou popisování je popis přes vychylování paprsku laseru. Paprsek je vychylován dvěma vzájemně kolmými zrcadly. Pohyb těchto zrcadel řídí počítač. Používají se CO<sub>2</sub> lasery, které mají výstupní výkon od 8 W do 20 W, velikost popisovaného pole je většinou 60×60 mm a rychlost popisování je maximálně 1 mm·s<sup>-1</sup>. Dále se používají Nd:YAG lasery o výstupním výkonu 50 W až 100 W, velikost popisovacího pole je až 260×260 mm a rychlost značení je až 4 m·s<sup>-1</sup>. Pro popisování součástí na málo přístupných místech lze použít vláknovou optiku. Tato metoda dosahuje vysoké kvality popisu, výbornou čitelnost a kontrast. Další z předností je vysoká operativnost a rychlost změny psaného textu, protože stačí pouze provést změny řídicího programu pomocí počítače. [14]



- 1 – laser
- 2, 3 – vychylovací zrcátko
- 4 – objektiv
- 5 – obrobek

Obr. 6 Princip popisování vychylováním paprsku [14].



### 1.5.2 Řezání laserem

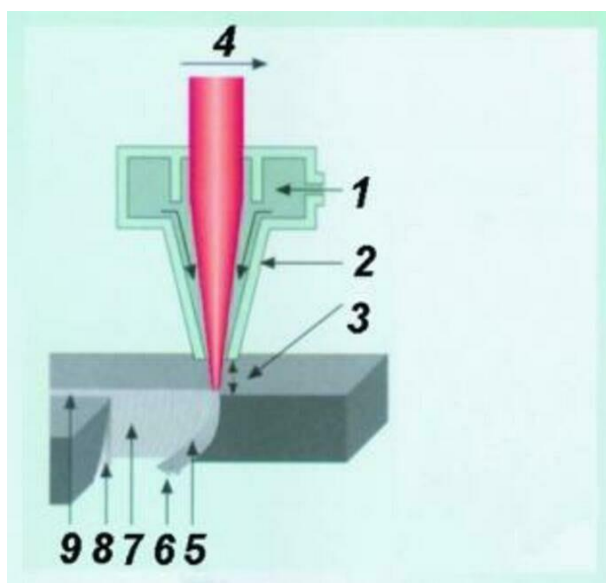
Řezání laserem může být [9, 14]:

- Sublimační řezání – k odstraňování materiálu dochází především odpařováním v důsledku vysoké intenzity záření laseru v místě řezu.
- Tavné řezání – materiál je roztaven a asistentním plynem odfukován. Tímto způsobem jsou řezány nekovové materiály, jako jsou keramika, dřevo, plasty, papír, sklo a další.
- Řezání pálením – paprsek laseru ohřeje materiál na zápalnou teplotu tak, že s přiváděným reaktivním plynem (např. kyslíkem) shoří v exotermické reakci. Z místa je odstraněn asistentním plynem. Způsob je využíván pro řezání titanu, oceli s nízkým obsahem uhlíku a korozivzdorné oceli.

Rychlosti řezání závisí na způsobu řezání, výkonu, kvalitě, tloušťce a druhu materiálu. Kvalita řezu se hodnotí podle jakosti řezané plochy. Dosahuje  $R_a$  3,6  $\mu\text{m}$  až 12  $\mu\text{m}$ . Tloušťka tepelně ovlivněné oblasti se pohybuje od 0,05 mm až 0,2 mm. Šířka řezné spáry je dána podle druhu a tloušťky řezaného materiálu a druhu laseru. Bývá od 0,02 mm do 1 mm. [14]

Pro řezání se nejvíce používají  $\text{CO}_2$  lasery se středním výkonem do 15 kW. Ty jsou určeny pro řezání konstrukční oceli do tloušťky 20 mm, korozivzdorné oceli do tloušťky 10 mm a slitiny hliníku do tloušťky materiálu 5 mm. Pro řezání s menší šířkou řezné spáry a pro přesnější řezy se používají Nd:YAG lasery o výkonu 100 W až 1 000 W. Řezou se s ním konstrukční oceli do tloušťky 6 mm, korozivzdorné oceli do tloušťky 3 mm a slitiny hliníku do tloušťky 2 mm. [14, 16]

Mezi výhody řezání patří malá šířka řezu, malá velikost tepelně ovlivněné oblasti, možnost řezání složitých tvarů, čisté řezy, také nedochází k opotřebením nástroje a hospodárnost je i při menších výrobních sériích. Je možné řezat kovové, nekovové i kompozitní materiály. Celkový rozsah řezání šířky materiálu se pohybuje od 0,5 mm do 30 mm. [14, 16]



- 1 – asistentní plyn
- 2 – řezací tryska
- 3 – pracovní vzdálenost trysky
- 4 – rychlost
- 5 – tavenina
- 6 – odtavený materiál
- 7 – stopy po paprsku laseru
- 8 – tepelně ovlivněná oblast
- 9 – šířka řezu

Obr. 7 Princip řezání laserem [14].



### 1.5.3 Svařování laserem

Svařování pomocí laseru patří k moderním metodám spojování různých druhů materiálů, ať už kovových nebo nekovových. Mají uplatnění i při svařování plastů a kompozitů. Je to bezdotyková metoda a řadí se do skupiny tavného svařování. Může probíhat v atmosférických podmínkách i v ochranné atmosféře. Je používáno zejména u dílů, kde je kladen důraz na vysoké svařovací rychlosti, přesný, kvalitní svar bez trhlin, nečistot a pórů. Používá se u velkosériové i kusové výrobě. V dnešní době se hojně využívá robotické svařování. Je tím zaručena vysoká přesnost a opakovatelnost. Konvenční metody jsou často nahrazovány laserovým svařováním. [14, 17]

Má mnoho výhod, které nelze dosáhnout žádnou jinou technikou. Oproti metodě MIG lze výhody shrnout do následujících bodů [14]:

- vysoká rychlost svařování,
- malé tepelné ovlivnění místa svaru,
- malé délkové deformace,
- malé nároky na jakost povrchu svařovaných součástí,
- vysoká pevnost svaru.

Pro svařování se používají CO<sub>2</sub> lasery, Nd:YAG lasery a diodové lasery. Při svařování není zapotřebí použití přídavného materiálu. Také dochází k úspoře času, protože technologií lze dosáhnout čistého svaru a nemusí se následně čistit a brousit jako u jiných metod svařování. Úskalím této technologie je bezpečnost související s laserovým zářením. To se řeší při instalaci technologie a nadále ji není potřeba řešit. [14, 17]

Existují dvě metody svařování laserem. První z nich je hluboké svařování, které je také označováno jako svařování klíčovou dírkou, anglicky „keyhole“. Je zapotřebí použití vysokovýkonných laserů. Ten velmi rychle taví a odpařuje kov z místa svaru a vzniká úzký a hluboký otvor – „klíčová díрка“. Hluboký úzký svar se vytváří pomocí roztaveného materiálu, který proudí kolem „klíčové dírkky“ a tuhne po stranách. Hloubka svaru je až desetkrát větší než šířka svaru. [14, 17]

Druhou metodou je kondukční svařování nebo se mu také říká svařování vedením tepla. Je založeno na principu natavení materiálu v místě spojení. Následným ochlazením vznikne svar. Ten není potřeba dále upravovat. Teplo se rozmáhá na základě tepelné vodivosti materiálu. Hloubka svaru u této metody je v rozmezí desetin milimetru až jednoho milimetru. Šířka svaru bude vždy větší než hloubka svaru. [14, 17]

### 1.5.4 Gravírování laserem

Principem metody je paprsek laseru, který odpařuje materiál v řádu mikrometrů. Hloubka gravírování je až do 1 mm. Používá se pro vytvoření jednoduchých i složitých reliéfů. Nejvíce do kalených ocelí, keramických materiálů, dřeva, gumy a dalších. Pro gravírování kovových a keramických materiálů se používají nejvíce Nd:YAG lasery. Naopak u gravírování do dřeva a gumy se nejvíce používají CO<sub>2</sub> lasery. [18]

Výhodami gravírování jsou nesmazatelnost, trvanlivost, přesnost, detailní zpracování a odolnost. Další výhodou je bezkontaktnost metody, a dále se může docílit veliké originality gravírovaných výrobků. [18]



Obr. 8 Hlubkové gravírování laserem [18].

### 1.5.5 Vrtání laserem

Princip vrtání laserem je založen na odstraňování materiálu odpařováním. Intenzita svazku musí být u vrtání vyšší než u svařování. Platí, že čím je díra delší, tím více se odchyluje tvar díry od geometrie. Je několik možností vrtání – vrtání jednotlivými pulzy, opakovanými pulzy, vyřezávání díry při pohybu stopy po kružnici, vyřezávání díry při pohybu po šroubovici nebo laserovou erozí. [14, 19]

Výhodou vrtání laserem je vrtání i v místech, kde to pomocí jiných metod není možné nebo je to velmi obtížné. Využívá se při vrtání malých otvorů o průměru od 10 mm do 100 mm. Otvory mohou být kruhové i tvarové. Délka vrtaného otvoru může být do 50 mm. Vrtat pomocí laseru je možné kovy, plasty, dřevo, sklo, keramiku a další. Největší využití je u vrtání kamenů do hodinek, filtrů, vstřikovacích trysek apod. [14, 19]

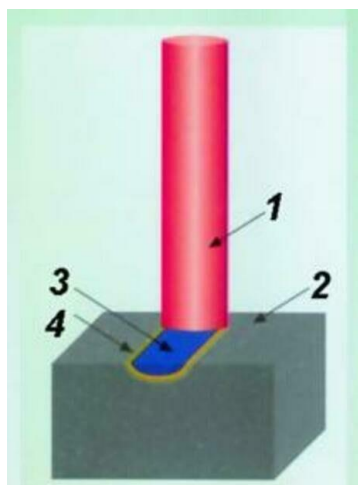
Na vyřezávání kruhových i tvarových děr se používají CO<sub>2</sub> lasery, a to pro díry od průměru 0,2 mm. Pro vrtání menších průměrů se používají Nd:YAG lasery. Ty se používají od průměru vrtané díry 0,025 mm. Dále se používají excimerové lasery k vrtání děr do keramiky. Doba trvání vrtání vždy závisí na výkonu laseru a na tloušťce vrtaného materiálu. [14, 19]

### 1.5.6 Tepelné zpracování

Podstatou tepelného zpracování je krátká doba ohřevu a malý objem ohřátého materiálu. Tepelné zpracování je založeno na metodách [20]:

- Ohřevu materiálu – kalení, žíhání a popouštění.
- Tavení materiálu na povrchu součásti – tepelné zpevnění s natavením.
- Odpařování materiálu – rázové zpevnění, které je založené na mechanismu vypařování.

Pro kalení se nejvíce využívá CO<sub>2</sub> laserů o výkonu několika tisíc wattů. Kalit je možné vnější a vnitřní dosedací plochy, drážku v díře, vodící plochy a další. Výhodou kalení na laseru je, že lze kalit i na místech, kde by to jinými způsoby nebylo možné. U kalení není nutné používat chladicí médium. Dále se pro kalení používají vysoce výkonné diodové lasery. [20]



- 1 – paprsek laseru
- 2 – neovlivněný povrch
- 3 – zakalený materiál
- 4 – tepelně ovlivněná oblast

Obr. 9 Princip kalení laserem [20].

## 2 MALÉ A STŘEDNÍ FIRMY

Malé a střední firmy jsou motorem evropského hospodářství. Jsou zdrojem pracovních příležitostí, hospodářského růstu a zajišťují sociální stabilitu. V roce 2013 bylo v EU do kategorie malých a středních firem zahrnováno 88,8 milionu pracovních míst. Mají tedy značný význam vzhledem k politice EU. Z těchto důvodů Evropská komise usiluje o podporu a zlepšení prostředí pro malé a střední firmy. [21]

Mezi hlavní kritéria posouzení o velikosti firmy patří [21]:

- počet zaměstnanců,
- roční obrat,
- bilanční suma roční rozvahy.

Malá firma je definována [21]:

- do počtu 50 zaměstnanců,
- s ročním obratem do 10 milionů EUR,
- s bilanční sumou roční rozvahy do 10 milionů EUR.

Střední firma je definována [21]:

- do počtu 250 zaměstnanců,
- s ročním obratem do 50 milionů EUR,
- s bilanční sumou roční rozvahy do 43 milionů EUR.

V bakalářské práci je uveden jeden příklad malé a jeden příklad střední firmy. Firmy byly vybrány z webových stránek na internetu. Obě firmy odpovídají definici pro malý a střední podnik.

Je nutné uvést, že každá firma má jiný strojový park. Záleží především na velikosti firmy, jejím výrobním sortimentu a dalších faktorech.

### 2.1 Strojový park malé firmy

Jako názorný příklad malé firmy si autor bakalářské práce vybral firmu, která vznikla v roce 2004 a má 14 zaměstnanců. Firma používá celkově 14 strojů, které jsou běžně používány v provozu. Kromě toho má také 2 svařovací stoly s upínacím systémem. Díky tomu, že má firma širokou nabídku služeb, komplexně zrealizuje zákaznickou potřebu. Je schopná poskytovat součásti od CNC obrábění až po finální povrchové úpravy. [22]

Strojový park firmy:

- Ve výrobní hale firmy stojí pro dělení materiálu pásová pila Pilous ARG 240 a CNC pásová pila Pilous ARG 330 CF–NC. Mezi další stroje pro dělení materiálu patří strojní nůžky 2000/4. Ty stříhají materiál 4 mm o délce 2 000 mm. [22]
- CNC soustruh DOOSAN PUMA GT 2100M. Je to tříosý soustruh s maximálním průměrem soustružení 390 mm a maximální délkou soustružení 562 mm. Průměr sklíčidla je 210 mm. Stroj je opatřen automatickou nástrojovou hlavou, která má 12 nástrojů. Výkon tohoto stroje je 18 kW a váží 3 600 kg v základní výbavě. [22]

CNC soustruh DOOSAN LYNX 220 LSY. Tento stroj je šestiosý, určený především pro menší díly. Má maximální průměr soustružení 300 mm a maximální délku soustružení 510 mm. Sklíčidlo je o průměru 210 mm. Stroj má automatickou nástrojovou hlavu s hydraulickým blokováním. Počet míst v nástrojové hlavě je 24 kusů. Celková hmotnost stroje je 4 200 kg. [22]

- Pro zpracování plechu využívá firma 2 zakružovačky – 1000/3 a 150/10. První zmíněná je určená do maximální tloušťky plechu 3 mm a pracovní délky 1 000 mm. Strojní zakružovačka 150/10 slouží pro zakružování profilů, především k zakružování materiálu s čtyřhranným průřezem. Mezi další stroje pro zpracování plechu, které lze nalézt ve firmě, patří ohraňovací lis 2500/3. Firma má také CNC ohraňovací lis MVD C–135, který dokáže nastavit doraz ve třech osách a zajistit stejný úhel po celé délce. Má sílu 135 T a je schopný ohnout plech o tloušťce až 8 mm. Při ohýbání se používá animace ohýbání, proto je možné výrobek ohnout přesně na desetinu milimetru. [22]
- Pro svařování ve firmě slouží svařovací stroje TIG 320 A–AD/DC. Firma vlastní 3 tyto stroje, dále svařovací stoly s upínacím systémem, které má firma 2. Napájecí napětí svařovacího stroje je AC 3×400 V/50 Hz. Svařovací proud je 320 A. Hmotnost stroje je 32 kg. [22]
- Pro řezání materiálu je ve firmě využit CNC vodní paprsek. Jeho rozměry stolu jsou 1 500×3 600 mm. Řez je možný do tloušťky materiálu 200 mm. Lze jím řezat širokou škálu materiálů. Obráběný materiál není fyzikálně, chemicky ani mechanicky namáhán, nedochází ke vzniku mikrotrhlin, deformacím ani vnitřnímu pnutí. [22]
- Ve firemní hale se také nachází popisovací laser. Tento popisovací laser má výkon 10 W a pracovní plochu o rozměrech 110×110 mm. Jedná se tedy o základní typ popisovacího laseru. Je schopen popisovat výrobky z oceli či korozivzdorné oceli. Vhodný je také pro popisování řady dalších materiálů, jako jsou například plasty. Pokud by byla potřeba popisovat nejen ocel a korozivzdornou ocel, ale také barevné kovy, bude třeba o něco vyšší energie zdroje. Například pro hliník, mosaz a měď se doporučují lasery s výkonem minimálně 20 W při zmíněné pracovní ploše 110×110 mm. Kdyby se pracovní plocha zvětšila na 200×200 mm, byl by třeba navýšit výkon na 30 W. Dále je na hale laser na řezání, který je ve firmě oblíbený, protože přináší celou řadu výhod. [22]



Obr. 10 CNC soustruh DOOSAN PUMA GT 2100M [22].

## 2.2 Strojový park střední firmy

Stejně jako u malé firmy si autor bakalářské práce vybral i jednu střední firmu, u které je uveden strojový park. Vybraná firma vznikla roku 1990 a má celkově 60 zaměstnanců. Strojový park vybrané firmy je velice rozsáhlý, protože se ve firmě provádí různé operace od lisování kovů, řezání, ohýbání a další. Ve firmě je tedy několik hal, které jsou rozděleny podle výroby. [23]

Strojový park firmy:

- V hale lisovny je 20 excentrických lisů tonáže 5 t až 250 t od firmy LEN. Dále jsou v lisovně dva rychloběžné lisy tonáže 25 t a 80 t. Ve firmě je také možné nalézt 5 linek na zpracování svitků tonáže 40 t až 100 t. Na hale lisovny nechybí ani 2 odstředivé omílací zařízení od firmy Rösler. Pro specifické výrobky jsou ve firmě k dispozici ruční lisy. [23]
- V nástrojárně s konstrukcí jsou vyráběny nástroje jednoduché, postupové, určené pro stříh, děrování, tah i ohyb materiálu. V hale je k dispozici elektroerozivní drátová řezačka, soustruh, brusky, vrtačky, frézka a kalící pec. [23]
- V roce 2018 firma doplnila pracoviště expresní výroby o novou technologii CNC ohýbání pomocí ohraňovacího lisu TruBend 5170 od firmy TRUMPF. Tato technologie je vybavena pětiosým dorazem. Možná délka ohybu je až 3 050 mm a lisovací síla je 1 700 kN. Stroj je také vybaven systémem automatické kontroly úhlů ohybu ABC Wireless. [23]
- Vysekávání dílů z měkkých materiálů do tloušťky 10 mm se provádí pomocí vysekávacích nožů na sekacích strojích. Tento způsob je vhodný i pro malosériovou výrobu, protože náklady na pořízení sekacího nože jsou nižší než náklady na výrobu lisářské matrice. U této technologie na NC strojích je minimalizována spotřeba materiálu. Ve firmě se touto metodou nejvíce zpracovávají plasty, pryže, papíry, lepenky a další. [23]

- Firma je vybavená 5 vyřezávacími plotry FLASH CUT. Ty zajišťují vyřezávání plochých dílců. Maximální šířka zpracovaných materiálů je 1,5 m o síle až 100 mm. Nejčastěji řezanými materiály ve firmě jsou pryže, plasty, těsnící materiály, gumokorky, grafity, papíry a další. [23]
- K dispozici je i moderní technologie řezání vodním paprskem. K tomu slouží stroj MACH 500 od firmy Flow. Technologie je schopna řezat materiály v tloušťkách od 0,1 mm do 150 mm o maximálním rozměru polotovaru 2 000×3 000 mm. Pokud se řezají měkké materiály, tak se používá čistý vodní paprsek. U tvrdších a silnějších materiálů je zapotřebí použít s vodou i abrazivo. Pohyb řezací hlavy a celá dráha řezu je řízena podle předem sestaveného programu. Řezaný materiál není silově ani tepelně namáhán. To tuto technologii odlišuje od ostatních technologií pro dělení materiálu, jako je laser nebo mikroplazma. Pro řezání vodním paprskem se používají prakticky jakékoliv materiály, které nepoškodí přímý kontakt s vodou. Jedná se například o oceli, korozivzdorné oceli, barevné kovy, slitiny, plasty, dřevo, koberce, textilie a mnoho dalších materiálů. [23]
- Laserový stroj: TruLaser 3030 od firmy TRUMPF. Používá se při výrobě expresních kusových dílů nebo i při menší sériové výrobě. Za pomoci tohoto stroje se řezají materiály do síly 20 mm. Velikost pracovní palety umožňuje zpracovávat plechy o maximální velikosti 1 500×3 000 mm. V tloušťkách od 0,5 mm až do 20 mm řeže ocel, do tloušťky 15 mm korozivzdorné oceli a slitiny hliníku. Mosaz a měď lze řezat do tloušťky 6 mm. Silnější materiály se ve firmě řezají technologií vodního paprsku. Výhodou řezání na laseru jsou rychle a přesně řezané materiály. Díky takto efektivní metodě je tato technologie cenově příznivá. [23]



Obr. 11 TruLaser od firmy TRUMPF [23].



### 3 VÝROBNÍ SORTIMENT FIREM

V České republice existuje celá řada malých a středních firem. Každá firma se orientuje na jiný výrobní sortiment. Záleží především na velikosti firmy, strojovém parku, ekonomické situaci a dalších faktorech. Pro tuto kapitolu byly vybrány dvě firmy, které autor uvedl kapitole 2. Nejprve bude uvedena ukázka výrobního sortimentu malé firmy a následně ukázka sortimentu střední firmy.

#### 3.1 Výrobní sortiment malé firmy

Vybraná ukázková firma na svých webových stránkách uvádí, že se především zabývá zámečnickými, svařovacími a montážními pracemi. Je také schopna provádět i konstruktérské práce. Zaměřuje se převážně na zakázkovou výrobu, nebojí se však ani sériové výroby. Firma si zakládá na osobním a velmi rychlém zpracování zakázky. Jelikož má firma širokou nabídku služeb, komplexně zrealizuje celou zakázku od A do Z. Díky většině materiálu, které má skladem, dbá na rychlý termín dodání zakázky. Firma má ve svých nabízených službách i odvoz zakázky k zákazníkovi firemním autem. Pokud si zákazník objedná větší množství výrobků, tak firma nabízí množstevní slevu. [22]

Pomocí technologie vodního paprsku jsou ve firmě schopni řezat velmi přesně a šetrně jakékoliv polotovary až do třímetrové délky. Řezou materiály z oceli, korozivzdorné oceli, titanu, i z ploché cementové desky. Technologii řezání vodním paprskem firma používá převážně pro průmyslovou výrobu. Dále také řezají dlažbu, obklady nebo mramor na zakázku. [22]

Na laseru firma nařeže jakékoliv tvary. Řezají se zde plechy, trubky nebo jekly. Pracují převážně s ocelí včetně korozivzdorné, hliníkovými slitinami nebo případně s plastem. U zákazníků je řezání na laseru velice populární, protože přináší mnoho výhod. Ve firmě zvládají řezat větší zakázky i malosériovou a kusovou výrobu. Firma poskytuje řezání pro větší i menší firmy. Mezi zákazníky patří strojírenské podniky, kovovýroby, zpracovatelé plechu nebo živnostníci. Dále se ve firmě nachází popisovací laser, pomocí kterého popisují výrobky převážně z oceli, korozivzdorné oceli, ale také z plastu. [22]



Obr. 12 Ukázka výrobků malé firmy [22].



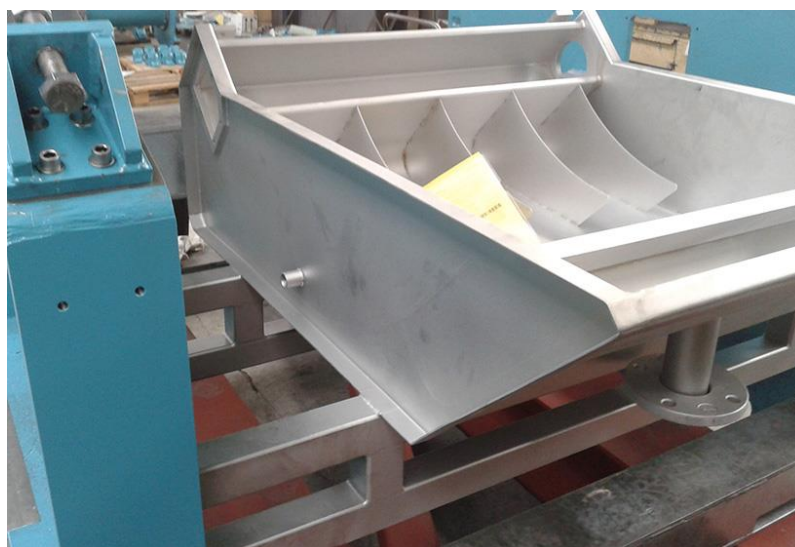
Firma má moderní CNC soustruhy, pomocí kterých soustruží hřídele, válce nebo příruby různých tvarů a velikostí. Tyto stroje vytvoří požadovaný tvar výrobku na setiny milimetru přesně. Soustruží se železné i neželezné kovy. Na soustruhu zvládnou vyrobit jeden kus nebo i celou sérii. [22]

Dalším CNC strojem je ohraňovací lis, který je schopen ohýbat plechy na desetinu milimetru přesně. Jsou ohýbány i více než tři metry dlouhé ocelové a korozivzdorné ocelové plechy. Firma dodává kompletní dodávku dílů včetně výpalků a ohybů. [22]

Provádějí se zde také svařecké práce všeho druhu. Ve firmě svařují hliník, korozivzdornou ocel a další materiály o hmotnosti až 1 000 kg. Dokáží vyrobit lehké svařovací konstrukce. Mezi příklady patří potrubí nebo plechové ochranné kryty. [22]

Vyrábějí sériově nebo na zakázku jakékoliv zámečnické konstrukce. Jedná se o svařence z různých profilů nebo potrubní díly pro potravinářský průmysl. Zpracovávají výrobek podle představ zákazníka. Zabývají se i vývojem dílů od zákazníka. Nejčastěji vyvíjejí ve spolupráci se zákazníkem díly k turbodmychadlům. Ve firmě provádějí také montáž nebo dokáží opravit strojní zařízení. [22]

Speciální díly jsou vyráběny na zakázku. Jedná se o ocelové konstrukce. Mezi příklady vyráběných ocelových konstrukcí patří brány, branky, přístřešky a další lehčí ocelové konstrukce. Podle výkresové dokumentace jsou ve firmě schopni zhotovit téměř cokoliv. S řadou firem spolupracují a vyvíjí prototypy na míru. [22]



Obr. 13 Ukázka výrobku malé firmy [22].

Firma je u externích dodavatelů schopna zajistit všechny druhy povrchových úprav kovů. Ať už jde třeba o žárové zinkování u oceli nebo moření a tryskání balotinu u korozivzdorných ocelových materiálů. [22]

### 3.2 Výrobní sortiment střední firmy

Vybraná ukázková firma se zabývá výrobou automobilových těsnění, plochých průmyslových těsnění, těsnících kroužků a vymežovacích podložek. V posledních letech ve firmě došlo k velkému rozvoji kovolisovery s nástrojárnou, takže v současnosti tvoří výrobky

z těchto provozů hlavní výrobní sortiment. Kromě standardních dílů jsou ve firmě lisovány díly pro zákazníky z automobilového, strojírenského, stavebního, elektrochemického, potravinářského a chemického průmyslu. Díky nástrojárně s konstrukcí dokáží rychle reagovat na požadavky zákazníků. Zvládají pružně reagovat na potřeby zákazníků také kvůli dobře vybavenému skladu se širokým sortimentem materiálů. Firma má pobočku, kde je také možno vyzvednout hotový výrobek nebo je tu možnost zaslání zboží zásilkovou službou. Pro velkoodběratele platí, že mohou být zařazeni do pravidelného rozvozového plánu, kdy je zakázka doručena na požadované místo. Výrobky jsou dodávány nejen pro tuzemský trh, ale kvalitu produktů už prověřili zákazníci z celého světa. [23]

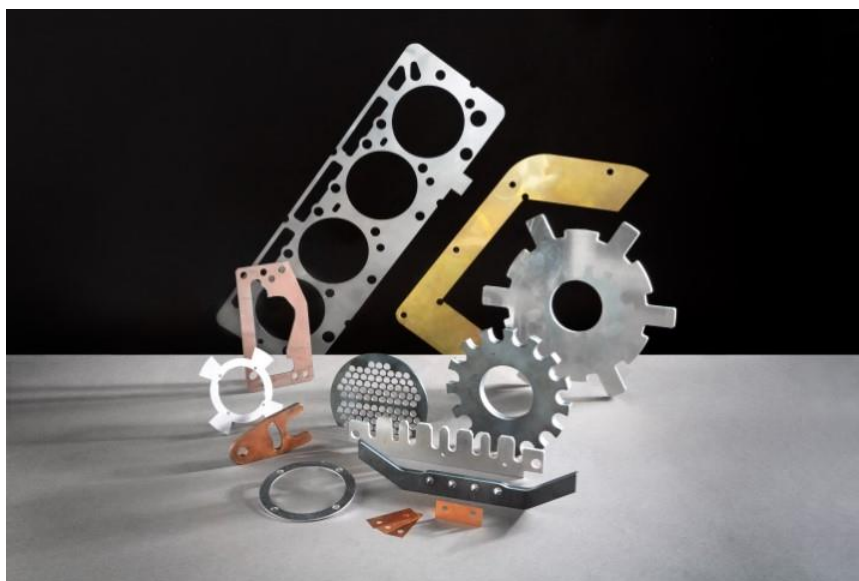
Firma vyrábí automobilová těsnění pro osobní automobily, nákladní automobily, traktory, motocykly, veterány a autoagregáty od jednotlivých kusů až po velké série. Jedná se především o těsnění hlav válců, sacích a výfukových systémů, olejových van a vík, těsnění palivových a chladicích systémů, krytů rozvodů a převodovek, hydraulických systémů a autoagregátů. Také vyrábí vymezovací podložky pod vložky válců a mrazovky. U těsnění osobních automobilů dokáží vyrobit těsnění všech tuzemských, evropských, amerických i asijských značek. Při objednávce stačí sdělit značku a typ auta, obsah motoru, rok výroby, průměr válců a tloušťku těsnění. Pokud se jedná o méně běžný typ, potřebují dodat starý vzor těsnění. Pro nákladní automobily dodávají veškerá plochá těsnění motorů LIAZ, TATRA, AVIA, IFA, PRAGA V3S. Na jiné vozy zhotoví těsnění podle dodaného vzoru. Dále jsou schopni dodat všechna plochá těsnění pro různé druhy traktorů. Také vyrábí sady těsnění pro vysokozdvizné vozíky. U motocyklů vyrábí těsnění pro značky JAWA, ČZ, STADION, BABETA, PIONÝR. Pro ostatní typy motocyklů k výrobě potřebují dodaný vzor. Pro veterány vyrábí těsnění dle zákaznických vzorů nebo podle poslaných podkladů. Také jsou schopni na přání zákazníka zhotovit oboustranné opláštěné těsnění měděným plechem. Pokud by zákazník potřeboval jeden nebo menší počet těsnění, využije se zakázkové dílny, kde vyříznou, vystříhnou nebo vyseknou jakékoliv těsnění z plochého polotovaru. Na zákaznicko přání je možné těsnění oplášťovat do měděných nebo ocelových fólií. Vyrábí zde také atypické tloušťky a upravují průměry válců na těsnění. [23]



Obr. 14 Ukázka výrobků automobilových těsnění [23].

Lisovna kovů s nástrojárnou dokáže v krátkém čase vyrobit malé i velké série kovových a metaloplastických lisovaných prvků. Je to především dáno díky velikému technickému vybavení. To umožňuje zpracovávat různé druhy materiálů, jako jsou měkká, střední a pružinová ocel, korozivzdorná ocel, měď, slitiny hliníku i elektroizolační plechy. Ve firmě se vyrábí vlastní výrobní program standardních dílů nebo jsou lisovány dílce pro zákazníky z různých odvětví průmyslu. Pro potřeby firmy jsou vyráběny nástroje jednoduché i postupové a nástroje umožňující zpracování svitek i pro manuální zakládání materiálů. U většiny výrobků se dělají povrchové úpravy, které firma také provádí. Ve firmě jsou schopni odmašťovat, odstředivě omílat a sušit, pískovat a konzervovat. Pomocí subdodavatelů mohou být prováděny další úpravy jako je kalení, žihání, karbonitridace, černění, zinkování, niklování a cínování. [23]

Firma disponuje řadou technologií pro vyřezávání a vysekávání dílců. Pomocí těchto technologií jsou schopni vyříznout nebo vyseknout celé spektrum výrobků. Jde například o řezání laserem, kde vyrábí kusové díly nebo i menší sériovou výrobu. Pomocí vodního paprsku vyrábí produkty, které najdou uplatnění ve strojírenství, stavebnictví, reklamě, elektrotechnice a dalších průmyslech. Další vyřezávání se provádí na plotrech. Vyřezávají ploché díly po kusech nebo i velkých sériích. Vysekávání probíhá za pomoci sekacích strojů. Tato metoda je vhodná pro malosériovou výrobu. Díky strojnímu vybavení umožňují vyrábět malé i velkoplošné výseky. Na pracovišti expresní výroby se také nachází ohraňovací lis, kterým firma dokáže uspokojit různé požadavky od zákazníků v kusové i sériové výrobě. [23]



Obr. 15 Ukázka výrobků řezaných na laseru [23].

Další skupinou výrobků, kterou se firma zabývá, jsou průmyslová těsnění. Do této skupiny se řadí přírubová těsnění pro šroubení, plochá tvarová těsnění, výlisky, výseky, výstřihy, segmentové díly, těsnicí pásy, vymezovací podložky a těsnicí kroužky. Průmyslová těsnění jsou rozdělena podle materiálu – mohou být z grafitu, pryže, pěny, plastu, kovu, papíru, gumokorku, kůže a plsti. Dále také z materiálů bezazbestových, elektroizolačních, tepelně izolačních, zvukově izolačních, z membránového plátna a z materiálů opatřených samolepící vrstvou. [23]

Poslední orientací firmy jsou těsnicí kroužky a vymežovací podložky. Ty vyrábí dle standardních rozměrů podle ČSN 029310 a DIN 7630 nebo podle požadavků zákazníka. Zpracovávají různé kovové i nekovové materiály. Firma je schopna kompletovat kroužky a podložky do sad. Nejčastěji nabízí měděné, hliníkové, fibrové a kombinované sady těsnicích kroužků. [23]

## 4 PŘÍKLAD VÝROBNÍHO PROCESU

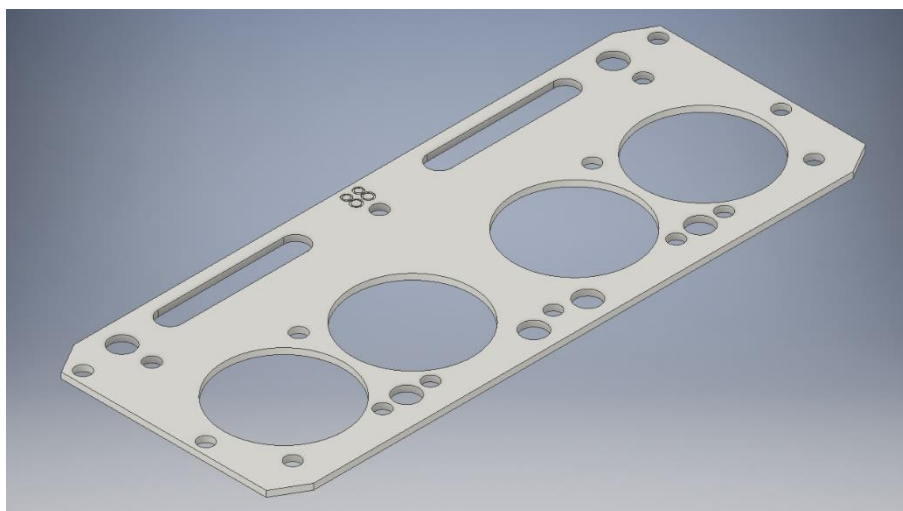
Jsou ukázány dva příklady výrobního procesu součástí, které si autor navrhl. V prvním případě se jedná o složitější tvar součásti vyráběný pouze na jednom stroji. Druhý příklad součásti je jednoduššího tvaru s více operacemi na více strojích. V obou případech se jedná o zakázkovou výrobu o pouze jednom kusu.

### 4.1 Výrobní proces složitější tvaru součásti na jednom stroji

Autor si jako složitější tvar součásti zkonstruoval díl, který svým vzhledem připomíná těsnění hlavy motoru. Jde však jen pouze o fiktivní součást, protože všechny rozměry byly zvoleny autorem, takže by na žádný reálný motor tato součást nepasovala. Součást je vyráběna pomocí jednoho stroje, který vyrobí součást na dvě operace.

#### 4.1.1 Složitější součást

Jde o obdélníkovou součást s rozměry 200×80 mm. Jako materiál plechu byla zvolena ocel o tloušťce 2 mm. Všechny další rozměry jsou uvedeny na výkresu v příloze 1. Pro lepší znázornění byla součást vymodelována v programu Autodesk Inventor Professional 2019 (obr. 16).



Obr. 16 3D model složitější součásti.

#### 4.1.2 Strojový park pro složitější součást

Pro danou součást byla autorem zvolena fiktivní malá firma rodinného typu, která má okolo 5 zaměstnanců. Tato firma se především zaměřuje na zakázkovou výrobu součástí řezaných na laseru. Strojový park firmy je tedy vybaven laserem TruLaser 3040. Jedná se o flexibilní standardní CO<sub>2</sub> laser, který se používá pro řezání a gravírování. Disponuje vysokým výkonem, kvalitou řezu, jednoduchou obsluhou a spolehlivostí. Všechny jeho parametry jsou uvedeny v příloze 3. Třídící číslo stroje je v příloze 4. Dalším, a zároveň posledním strojem ve firmě, je excentrický lis LEN 25 CA. Tento stroj se však používá jen výjimečně, protože jak již bylo zmíněno, tak se firma hlavně zaměřuje na zakázky vyráběné pomocí laseru, z kterých má hlavní příjem. [24, 25]

#### 4.1.3 Výrobní postup složitější součásti

Součást je vyráběna za pomoci jednoho stroje, kterým je laser TruLaser 3040. Ten vykoná dvě operace na daném díle a součást je tím kompletně hotova. První operací je řezání výsledného tvaru plechu tloušťky 2 mm a druhou operací je gravírování znaku „88“, což v tomto případě může znamenat číslo zakázky výrobku. Poté bude součást zkontrolována, zabalena do bedny a poslána zákazníkovi. Detailní výrobní postup je popsán v tabulce 1. [24]

Tab.1 Výrobní postup pro složitou součást.

VUT v Brně FSI, ÚST		VÝROBNÍ POSTUP		Číslo výkresu součásti: BP-001	Název součásti: Složitější součást
Datum: 11.5.2021		Vyhotovil: Faltus Tomáš		Kontroloval:	Polotovar: 220x100x2 ČSN EN 10051
Číslo op. pořadové:	Název, označení stroje, zařízení, pracoviště:	Dílna:	Popis práce v operaci:	Výrobní nástroje, přípravky, měřidla, pomůcky:	
Orientační:	Třídící číslo:				
1/1	Laser TruLaser 3040 95913	Plechová výroba	Řezat laserem výsledný tvar součásti	Laserová tryska	
			Gravírovat pomocí laseru nápis 88		
2/2	09863	OTK	Kontrola rozměrů a otřepů	Posuvné měřítko, třmenový mikrometr	
			Kontrola výsledné součásti		
3/3	09913	Expedice	Balit		
			Vložit do bedny		

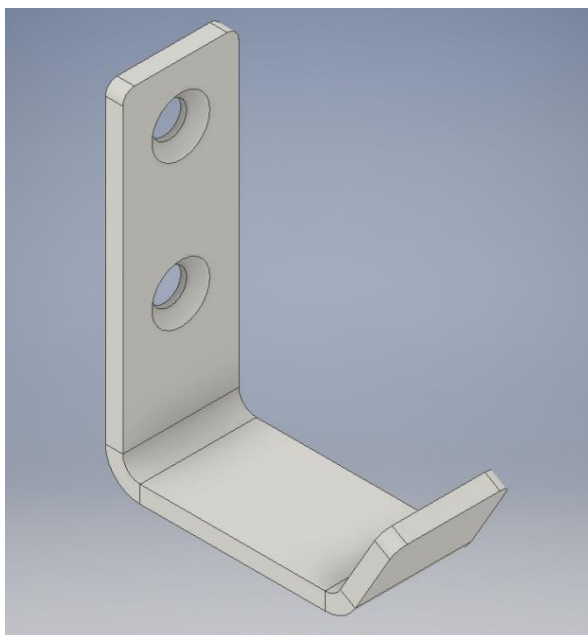
#### 4.2 Výrobní proces jednoduššího tvaru součásti na více strojích

Jako jednodušší součást si autor vybral díl, který má tvar držáku a mohl by tedy najít využití například v domácnosti jako držák na oděvy. Součást je vyráběna na více strojích pomocí více operací. Tak jako v předchozí ukázce i tato je rozměrově volena podle autora. Oproti předchozímu příkladu by ale tato součást mohla reálně fungovat a sloužit v praxi.

##### 4.2.1 Jednodušší součást

Jde o součást obdélníkového tvaru s rozměry 111,04×20 mm. Tato součást bude ohýbána, proto je zde rozměr rozvinu součásti. Jelikož se jedná o běžný držák, který slouží v domácnosti, není díl potřeba vyrábět ve vysoké přesnosti. Jako materiál plechu byla zvolena ocel o tloušťce 3 mm. Zbývající rozměry jsou uvedeny na výkresu v příloze 2. Pro lepší znázornění byla součást vymodelována v programu Autodesk Inventor Professional 2019 (obr. 17).





Obr. 17 3D model jednodušší součásti.

#### 4.2.2 Strojový park pro jednodušší součást

Tak jako u složitější součásti je i zde zvolena autorem fiktivní firma. Tato firma se podle definice také řadí mezi malé firmy, ale má okolo 15 zaměstnanců. V tomto případě se firma také převážně zaměřuje na zakázkovou výrobu. Rozdíl oproti předchozímu uvedenému případu je ten, že firma pro zhotovení zakázek nepoužívá pouze jeden stroj, ale více strojů. Prvním z nich je CO<sub>2</sub> laser TruLaser 3040, který je velmi flexibilní a spolehlivý. Mezi další stroje ve firmě patří ohraňovací lis TruBend 3066, který je snadný na ovládání a je i ekonomicky výhodný při nízkém vytížení. Poté firma vlastní také sloupovou vrtačku TSB 25, která má všestranné použití na dílně. Firma je vybavena vlastní lakovnou, ve které je lakovací a sušící box Saima Beta. [24, 26, 27, 28]

#### 4.2.3 Výrobní postup jednodušší součásti

Součást bude vyráběna na několika strojích pomocí více operací. První operací je řezání obdélníkového tvaru na laseru TruLaser 3040. Poté je součást přesunuta na sloupovou vrtačku TSB 25, kde je provedeno vrtání a zahloubení dvou otvorů, které budou sloužit pro upnutí do zdi. Dále součást postupuje na ohraňovací lis TruBend 3066, kde je podle výkresové dokumentace ohnuta. Po těchto operacích je součást zkontrolována. Kontrolují se rozměry, úhly a otřepy na součásti. Nakonec je součást přesunuta do lakovny, kde se nejprve provede předúprava odmašťování a následně je v lakovací a sušící kabině Saima Beta nalakována barvou COLORNAL MAT V2030. Nalakovaná součást poté míří na expedici, kde je zabalena, vložena do bedny a následně poslána zákazníkovi. Detailní výrobní postup je popsán v tabulce 2. [24, 26, 27, 28, 29]

Tab. 2 Výrobní postup pro jednoduché součásti.

VUT v Brně FSI, ÚST		VÝROBNÍ POSTUP		Číslo výkresu součásti: BP-002	Název součásti: Jednodušší součást
Datum: 12.5.2021		Vyhotovil: Faltus Tomáš	Kontroloval:		Polotovár: 130x40x3 ČSN EN 10051
Číslo op. pořadové:	Název, označení stroje, zařízení, pracoviště:	Dílna:	Popis práce v operaci:	Výrobní nástroje, přípravky, měřidla, pomůcky:	
Orientační:	Třídící číslo:				
1/1	Laser TruLaser 3040 95913	Plechová výroba	Řezat laserem obdélníkový tvar součásti	Laserová tryska	
2/2	Sloupová vrtačka TSB 25 04615	Plechová výroba	Upnout součást do strojního svěráku	Strojní svěrák	
			Navrtat středící důlek	Středící vrták A2,5	
			Vrtat dvě díry Ø6	Vrták	
			Zahloubit dvě díry do hloubky 2 mm	Záhlubník kuželový 90°	
3/3	Ohraňovací lis TruBend 3066 33826	Plechová výroba	Upnout součást na ohraňovacím lisu		
			Vytvořit dva ohyby podle výkresové dokumentace		
4/4	09863	OTK	Kontrola rozměrů, úhlů a otřepů	Posuvné měřítko, třmenový mikrometr	
			Kontrola výsledné součásti		
5/5	Lakovací kabina Saima Beta 09621	Lakovna	Odmaštění součástí	Odmašťovací vana	
			Lakovat součást	COLORNAL MAT V2030	
6/6	09913	Expedice	Balit		
			Vložit do bedny		



## 5 VYHODNOCENÍ

Je provedeno zhodnocení laserové technologie pro malou nebo střední firmu včetně vyhodnocení dvou variant součástí navržených autorem s ohledem na cenu elektrické energie, počet a kvalifikace dělníků.

Laserová technologie patří k moderním, ale poměrně drahým metodám obrábění. Firma, která si chce laser pořídit, musí brát v potaz cenu za pořizovací a provozní náklady. Aby se tedy laserová technologie firmě vyplatila, musí mít tedy co nejnižší náklady a dostatečný počet zakázek, aby se investiční náklady vrátily a firma mohla vydělávat. Malé a střední firmy většinou nemají takové finanční prostředky jako velké firmy, proto je jejich pořízení náročnější.

Co se týče spotřeby elektrické energie, pro rok 2021 se cena za 1 kWh pro firmy pohybuje okolo 1,70 Kč. Cena se však může měnit podle poskytovatele elektrické energie, spotřeby firmy a kraje, ve kterém firma sídlí. Zvolený laser pro obě varianty má příkon 29 kW a náklady za 1 hodinu provozu laseru tedy vyjdou firmu na 49,30 Kč. Obě vyráběné součásti však budou na laseru zhotoveny v řádu desítek sekund nebo maximálně v jednotkách minut, protože se jedná pouze o výrobu jednoho kusu. Cena elektrické energie na výrobu tvarově složitější součásti by tedy odpovídala pouze energii spotřebované laserem. Pro tvarově jednodušší součást by však cena spotřeby elektrické energie byla jiná, jelikož je kromě výroby na laseru u součásti použita i sloupová vrtačka, ohraňovací lis a také provoz lakovny. Pokud bychom znali časy výroby u jednotlivých strojů, dalo by se určit, která součást vyjde z pohledu spotřeby elektrické energie příznivěji.

Na obsluhu laseru jsou běžně potřeba dva dělníci. Pro zhotovení tvarově složitější součásti se používá pouze jeden stroj a dále jde součást na kontrolu, kde se nachází jeden dělník a následně na expedici, kde je také jeden dělník. Pro kompletní zhotovení součásti je tedy zapotřebí čtyř dělníků. Tvarově jednodušší součást je vyráběna jak na laseru, tak i na sloupové vrtačce, kde je zapotřebí jeden dělník, ohraňovacím lisu, kde je běžně potřeba dvou dělníků, a také je součást poslána do lakovny, ve které pracují tři dělníci. Následně je součást také kontrolována jedním dělníkem, a nakonec poslána na expedici, která je obsluhována ještě jedním dělníkem. Celkem je na výrobu tvarově jednodušší součásti tedy potřeba 10 dělníků.

Je nutné uvést, že všechny počty dělníků byly autorem zvoleny buď podle jeho zkušeností z praxe nebo si je vymyslel. Celkový počet dělníků je pro firmy zásadní, nejen proto, že firma musí počítat s finančním ohodnocením každého zaměstnance, ale i proto, že jejich počet určuje velikost samotné firmy. Kvalifikace samotných dělníků nemusí být vysoká, jelikož náplní jejich práce jsou v drtivé většině jen jednoduché operace a stejně tak obsluha strojů není složitá.

## 6 DISKUZE

Jsou navrženy možnosti zlepšení u příkladu výrobního procesu jak pro tvarově složitější součást, tak i pro tvarově jednodušší součást. Rovněž je uvedena autorova zkušenost s laserovou technologií v praxi.

### 6.1 Možnosti zlepšení

V obou případech výrobního procesu šlo o fiktivní malou firmu, ve které se bude vyrábět pouze jedna součást. Pro firmu by bylo výhodnější, kdyby šlo o větší počet součástí, protože výroba pouze jedné by nebyla ekonomicky výhodná. Vybraný laser pro řezání daných součástí může řezat tabule plechu o rozměrech až 4 000×2 000 mm, proto by bylo výhodné využít celou tabuli plechu. Byl by vytvořen nářezový plán, díky němuž by se vypočítalo množství odpadu a celkové využití tabule. To je nejlepší mít co nejvyšší, protože bude co nejméně odpadu a také se na tabuli plechu vejde co nejvíce součástí. Díky vysoké řezné rychlosti laseru by vyříznutí celé tabule plechu netrvalo dlouhou dobu. U výroby jednoho kusu by nějaký čas zabrala výměna plechu a přechod na další zakázku. A čas, kdy laser stojí nevyužitý stojí firmu mnoho peněz.

### 6.2 Osobní zkušenost s laserovou technologií v praxi

Autorova zkušenost s technologií laseru z praxe je z letní brigády, kde obsluhoval CO<sub>2</sub> laser od firmy TRUMPF. Pomocí laseru byly ve firmě řezány materiály z oceli včetně korozivzdorné. Náplň autorovy práce spočívala v tom, že nahrával vypracované NC programy s nářezovým plánem do stroje a spouštěl je.

## ZÁVĚR

Využívání laserové technologie v průmyslu je čím dál tím větší. Svůj podíl na tom má mnoho výhod, mezi které patří například vysoká flexibilita, rychlý proces obrábění a kvalita řezu. Dostupnější se stala i pro malé a střední firmy, protože investiční náklady na pořízení laserové technologie v posledních letech klesají.

Rozsah a výsledky bakalářské práce jsou shrnuty v následujících bodech:

- charakteristika principu laserové technologie, typy laserů a jejich využití v průmyslu,
- definice malé a střední firmy,
- zjištění strojového parku malé a střední firmy,
- zjištění výrobního sortimentu malé a střední firmy,
- navržení dvou výrobních procesů, jednoho pro tvarově složitější součást a druhého pro tvarově jednodušší součást,
- porovnání výrobních procesů mezi sebou, vyhodnocení výroby z pohledu spotřeby elektrické energie, počet a kvalifikace dělníků.

U ukázky výrobního procesu bylo vyhodnoceno, že z ekonomického hlediska by se více vyplatilo, kdyby se jednalo o sériovou výrobu. Využilo by se celé pracovní plochy laseru a zároveň by se vytvořil nářezový plán, který by měl co nejvyšší procento využití tabule plechu. Narozdíl od zakázky jednoho kusu by zde odpadly časy na výměnu tabule plechu. Pokud by se však jednalo o hromadnou výrobu, bylo by vhodné se zamyslet, zda se z ekonomického hlediska nevyplatí jiná varianta výroby, kterou je například stříhání.

**SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ**

- [1] KACHTÍK, Lukáš. *Laser: Využití laserů* [online]. 2011 [cit. 2021-3-4]. Dostupné z: <http://lasery.wz.cz/vyuziti.html>
- [2] ŘEHÁKOVÁ, Martina, Pavel CRHA, Jan HEŘMÁNEK, Karolina MACÚCHOVÁ, Milan MELICHAR a Václav NĚMEC. *Czechlaser.cz: Laser* [online]. Dolní Břežany, 2018 [cit. 2021-3-4]. Dostupné z: <https://czechlasers.cz/studovna/laser-2/>
- [3] HISTORIE LASERŮ VE SVĚTĚ. *Czechlaser.cz* [online]. Dolní Břežany, 2018 [cit. 2021-3-4]. Dostupné z: [https://www.hilase.cz/wp-content/uploads/HiLASE\\_Info-Tabule\\_700x1000mm\\_20200711\\_HISTORIE-LASERU-I\\_PRINT.pdf](https://www.hilase.cz/wp-content/uploads/HiLASE_Info-Tabule_700x1000mm_20200711_HISTORIE-LASERU-I_PRINT.pdf)
- [4] MOCEK, Tomáš. *Laser: Super nástroj člověka 21. století*. Praha: Academia, 2017, 47 s. ISBN 978-80-200-2691-0.
- [5] KUSALA, Jaroslav. *Laser kolem nás: Princip laseru* [online]. 2004 [cit. 2021-3-4]. Dostupné z: <https://www.cez.cz/edee/content/microsites/laser/k22.htm>
- [6] KACHTÍK, Lukáš. *Laser: Princip laseru* [online]. 2011 [cit. 2021-3-4]. Dostupné z: <http://lasery.wz.cz/princip.html>
- [7] Laser: OBECNÉ SCHÉMA LASERU. *Fyzika 007* [online]. [cit. 2021-3-4]. Dostupné z: <https://sites.google.com/site/fyzika007/fyzika-mikrosveta/laser>
- [8] *Leonardo technology s.r.o.: Možné dělení typů a druhů laserů* [online]. Hlohovec, 2002 [cit. 2021-3-12]. Dostupné z: <http://www.lt.cz/e-learning/laser/mozne-deleni-typu-a-druhu-laseru>
- [9] SADÍLEK, Marek. *Nekonvenční metody obrábění I*. Ostrava: VŠB - Technická univerzita, 2009, 146 s. ISBN 978-80-248-2107-8.
- [10] ŘASA, Jaroslav a Zuzana KEREČANINOVÁ. *MM Průmyslové spektrum: Nekonvenční metody obrábění – 4. díl* [online]. Praha 10, 2008 [cit. 2021-3-12]. Dostupné z: <https://www.mmspektrum.com/clanek/nekonzvencni-metody-obrabeni-4-dil>
- [11] NĚMEC, Michal. *Plynové lasery* [online]. Praha: ČVUT, 2021 [cit. 2021-3-14]. Dostupné z: [https://people.fjfi.cvut.cz/sulcjan1/ult/10\\_plynove\\_lasery.pdf](https://people.fjfi.cvut.cz/sulcjan1/ult/10_plynove_lasery.pdf)
- [12] *Leonardo technology s.r.o.: Princip vláknového - FIBER LASERU* [online]. Hlohovec, 2002 [cit. 2021-3-14]. Dostupné z: <http://www.lt.cz/e-learning/laser/princip-vlaknoveho-fiber-laseru>
- [13] BEZDĚK, Pavel. *POVRCHOVÉ KALENÍ LITINY VÝKONOVÝM POLOVODIČOVÝM LASEREM* [online]. BRNO, 2015 [cit. 2021-3-14]. Dostupné z: <https://docplayer.cz/77336761-Povrchove-kaleni-litiny-vykonovym-polovodicovym-laserem.html>. Diplomová práce. VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ.

- [14] ŘASA, Jaroslav a Zuzana KEREČANINOVÁ. *MM Průmyslové spektrum: Nekonenční metody obrábění – 5. díl* [online]. Praha 10, 2008 [cit. 2021-3-15]. Dostupné z: <https://www.mmspektrum.com/clanek/nekonecni-metody-obrabeni-5-dil>
- [15] *Lintech: Značení* [online]. Domažlice [cit. 2021-3-15]. Dostupné z: <https://www.lintech.cz/produkty/laserove-technologie/laser-podle-aplikace/znaceni/laserove-znaceni>
- [16] SADÍLEK, Marek. *Nekonenční metody obrábění I*. Ostrava: VŠB - Technická univerzita, 2009, 146 s. ISBN 978-80-248-2107-8.
- [17] *LaserTherm: LASEROVÉ SVAŘOVÁNÍ* [online]. Praha [cit. 2021-3-15]. Dostupné z: <https://www.lasertherm.cz/technologie/svarovani-navarovani-kaleni-laserem/laserove-svarovani-kovu>
- [18] *Lintech: Gravírování* [online]. Domažlice [cit. 2021-3-15]. Dostupné z: <https://www.lintech.cz/produkty/laserove-technologie/laser-podle-aplikace/laserove-gravirovani>
- [19] *Lintech: Laserové vrtání* [online]. Domažlice [cit. 2021-3-15]. Dostupné z: <https://www.lintech.cz/produkty/laserove-technologie/laser-podle-aplikace/laserove-vrtani>
- [20] ŘASA, Jaroslav a Zuzana KEREČANINOVÁ. *MM Průmyslové spektrum: Tepelné zpracování laserem* [online]. Praha 10, 2008 [cit. 2021-5-17]. Dostupné z: <https://www.mmspektrum.com/clanek/nekonecni-metody-obrabeni-5-dil>
- [21] *Uživatelská příručka k definici malých a středních podniků* [online]. 2003 [cit. 2021-3-20]. ISBN 978-92-79-45316-8. Dostupné z: [https://www.cmzrb.cz/wp-content/uploads/2018/10/vyklad\\_komise\\_msp.pdf](https://www.cmzrb.cz/wp-content/uploads/2018/10/vyklad_komise_msp.pdf)
- [22] *Zámečnictví Němec, s.r.o.: Strojní zázemí* [online]. Velká Bíteš [cit. 2021-3-24]. Dostupné z: <https://www.zamecnictvinemec.cz/>
- [23] *KALINA industries s.r.o.: Produkty a služby* [online]. Zlín [cit. 2021-3-25]. Dostupné z: <https://kalina.cz/home>
- [24] *TRUMPF: TruLaser 3030/3040* [online]. [cit. 2021-5-12]. Dostupné z: [https://www.trumpf.com/cs\\_CZ/produkty/stroje-systemy/2d-laserove-rezaci-stroje/trulaser-30303040/](https://www.trumpf.com/cs_CZ/produkty/stroje-systemy/2d-laserove-rezaci-stroje/trulaser-30303040/)
- [25] *Sbazar.cz: Lis excentrický LEN 25 CA* [online]. [cit. 2021-5-13]. Dostupné z: <https://www.sbazar.cz/tykonstroje/detail/120218271-lis-excentricky-len-25-ca>
- [26] *KNUTH machine tools: Sloupové vrtačky TSB* [online]. [cit. 2021-5-13]. Dostupné z: [https://www.knuth-machinetools.com/com\\_cz/tsb-35-sloupova-vrtacka-conf-162345](https://www.knuth-machinetools.com/com_cz/tsb-35-sloupova-vrtacka-conf-162345)

[27] *TRUMPF: TruBend série 3000* [online]. [cit. 2021-5-13]. Dostupné z: [https://www.trumpf.com/cs\\_CZ/produkty/stroje-systemy/ohranovaci-lisy/trubend-serie-3000/](https://www.trumpf.com/cs_CZ/produkty/stroje-systemy/ohranovaci-lisy/trubend-serie-3000/)

[28] *Radek Blažek Lakovací kabiny: Lakovací kabina Saima Beta* [online]. [cit. 2021-5-13]. Dostupné z: <http://www.lakovacikabiny.cz/cs/nove-kabiny/klasicke-lakovaci-kabiny/saima-beta/>

[29] *COLORNAK: COLORNAL MAT V2030* [online]. [cit. 2021-5-13]. Dostupné z: [https://www.colorlak.cz/sortiment/detail/colornal-mat-v2030?gclid=CjwKCAjwnPOEBhA0EiwA609ReeMXwYo\\_SG5qawj9xIN3sb2M6IvrDADDMTyji05xBs0lgeMVR4\\_zlhoC-foQAvD\\_BwE](https://www.colorlak.cz/sortiment/detail/colornal-mat-v2030?gclid=CjwKCAjwnPOEBhA0EiwA609ReeMXwYo_SG5qawj9xIN3sb2M6IvrDADDMTyji05xBs0lgeMVR4_zlhoC-foQAvD_BwE)

[30] *Třídník výrobních strojů a zařízení ve strojírenství*. 1. vyd. Praha: Federální ministerstvo všeobecného strojírenství, 1980.

**SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK**

<b>Zkratka</b>	<b>Popis</b>
<b>CdS</b>	Kardium sulfid
<b>CdSe</b>	Kardium selen
<b>CNC</b>	Computer Numerical Control
<b>CO<sub>2</sub></b>	Oxid uhličitý
<b>Cr:YAG</b>	Yttrium hliníkový granát s příměsí chromu
<b>ČSN</b>	Česká technická norma
<b>DIN</b>	Deutsche Industrie-Norm
<b>GaAs</b>	Galium arsenid
<b>He</b>	Helium
<b>LASER</b>	Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation
<b>MASER</b>	Microwave Amplification by Stimulated Emission of Radiation
<b>MIG</b>	Metal Inert Gas
<b>N<sub>2</sub></b>	Molekula dusíku
<b>NC</b>	Numeric Control
<b>Nd:YAG</b>	Yttrium hliníkový granát s příměsí neodymu

<b>Symbol</b>	<b>Jednotka</b>	<b>Popis</b>
<b>Ra</b>	[μm]	střední aritmetická hodnota drsnosti

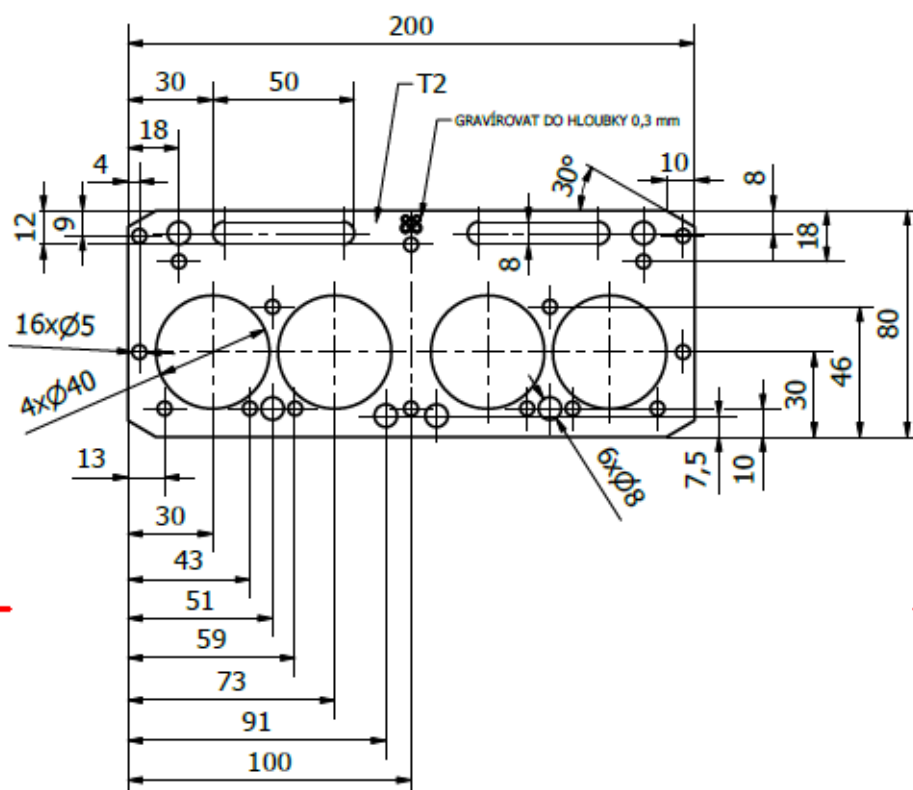
## SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1	Výkres složitější součásti
Příloha 2	Výkres jednodušší součásti
Příloha 3	Technická data TruLaser 3040
Příloha 4	Třídící číslo laserového stroje



# PŘÍLOHA 1

Výkres složitější součásti



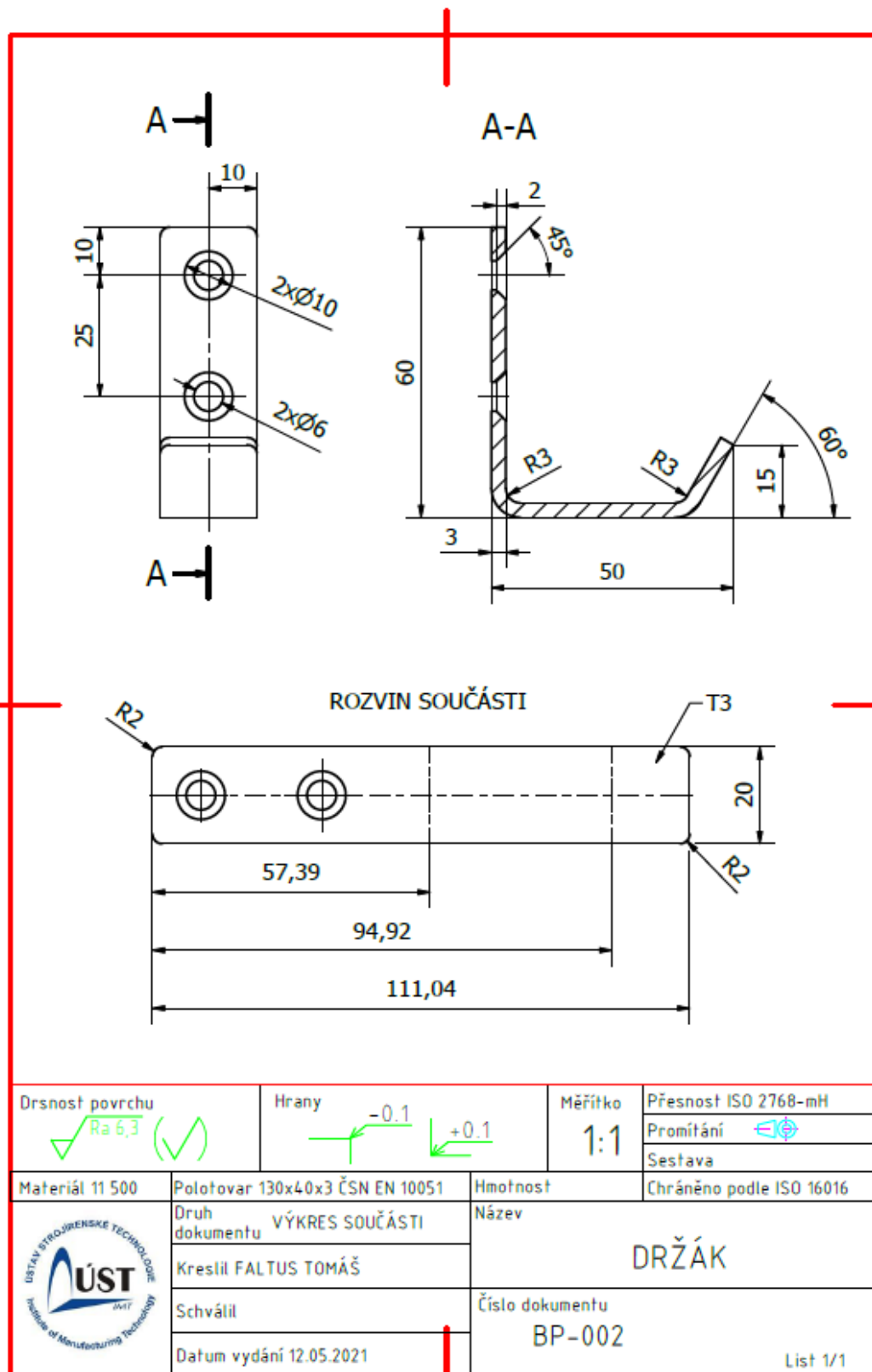
GRAVÍROVACÍ ZNAK MÁ ROZMĚR 7,5x6,5

Drsnost povrchu $\sqrt{Ra\ 3,2}$ (✓)	Hrany $-0.1$ $+0.1$	Měřítko 1 : 2	Přesnost ISO 2768-mH Promítání
Materiál 11 500	Polotovár 220x100x2 ČSN EN 10051	Hmotnost	Chráněno podle ISO 16016
	Druh dokumentu VÝKRES SOUČÁSTI	Název TĚSNĚNÍ HLAVY MOTORU	
	Kreslil FALTUS TOMÁŠ		
	Schválil Datum vydání 14.05.2021	Číslo dokumentu BP-001	

List 1/1

## PŘÍLOHA 2

Výkres jednodušší součásti



## PŘÍLOHA 3

### Technická data TruLaser 3040 [24]

	TruLaser 3030	TruLaser 3040
<b>ROZMĚRY</b>		
DĚLKA	9300 mm	12000 mm
ŠÍŘKA	4700 mm	5300 mm
VÝŠKA	2200 mm	2200 mm
<b>MAXIMÁLNÍ RYCHLOST</b>		
SIMULTÁNNĚ	140 m/min	140 m/min
<b>PRACOVNÍ ROZSAH</b>		
OSA X	3000 mm	4000 mm
OSA Y	1500 mm	2000 mm
MAX. HMOTNOST OBROBKU	900 kg	1700 kg
<b>SPECIFICKÁ DATA LASERU - TRUFLOW 2700</b>		
MAX. TLOUŠŤKA PLECHU, KONSTRUKČNÍ OCEL	20 mm	20 mm
MAX. TLOUŠŤKA PLECHU, UŠLECHTILÁ OCEL	12,7 mm	12,7 mm
MAX. TLOUŠŤKA PLECHU, HLINÍK	8 mm	8 mm
<b>SPECIFICKÁ DATA LASERU - TRUFLOW 4000</b>		
MAX. VÝKON LASERU	4000 W	4000 W
MAX. TLOUŠŤKA PLECHU, KONSTRUKČNÍ OCEL	20 mm	20 mm
MAX. TLOUŠŤKA PLECHU, UŠLECHTILÁ OCEL	15 mm	15 mm
MAX. TLOUŠŤKA PLECHU, HLINÍK	10 mm	10 mm
<b>SPECIFICKÁ DATA LASERU - TRUFLOW 5000</b>		
MAX. VÝKON LASERU	5000 W	5000 W
MAX. TLOUŠŤKA PLECHU, KONSTRUKČNÍ OCEL	25 mm	25 mm
MAX. TLOUŠŤKA PLECHU, UŠLECHTILÁ OCEL	20 mm	20 mm
MAX. TLOUŠŤKA PLECHU, HLINÍK	12,7 mm	12,7 mm
<b>SPECIFICKÁ DATA LASERU - TRUFLOW 6000</b>		
MAX. VÝKON LASERU	6000 W	6000 W
MAX. TLOUŠŤKA PLECHU, KONSTRUKČNÍ OCEL	25 mm	25 mm
MAX. TLOUŠŤKA PLECHU, UŠLECHTILÁ OCEL	25 mm	25 mm
MAX. TLOUŠŤKA PLECHU, HLINÍK	16 mm	16 mm
<b>HODNOTY SPOTŘEBY</b>		
PRŮMĚRNÝ PŘÍKON VE VÝROBĚ - TRUFLOW 3200	29 kW	29 kW
PRŮMĚRNÝ PŘÍKON VE VÝROBĚ - TRUFLOW 4000	31 kW	31 kW
PRŮMĚRNÝ PŘÍKON VE VÝROBĚ - TRUFLOW 5000	35 kW	35 kW
PRŮMĚRNÝ PŘÍKON VE VÝROBĚ - TRUFLOW 6000	38 kW	38 kW

# PŘÍLOHA 4

Třídící číslo laserového stroje [30]



26	959	STUP	TRIDA	OBRABEČÍ STROJE II	PODRÍDA	CENTRA A STROJE PRO ELEKTROCHEMICKÉ METODY OBRABEČÍ (SNO)	TABULKA	STR
26	959	9	5		9		959	5/38
PODSKUPINA								
1		2	3	4	5	6	7	8
elektro- jiskrovou	elektroche- mickou	laserovou	iontovou	plazmovou	kombino- vanou			elektronovou
do 3	do 5	do 8	do 17	do 33				ostatní
150x250	250x800	250x800	400x630	400x630	630x1000	630x1000		
do 42	do 83	do 83	do 83	přes 83				ostatní
1000x1600	1000x1600	1600x2500	1600x2500	2500x4000	2500x4000	2500x4000		na vyjisk- rování salomenných nástrojů
na malé ot- vory s mini- mální roz- měrou v mm 0,03-3	na broušení	na soustru- žení	na dělení materiálu v mm	na poplase- ní a značení se šifrou písmene 0,1 - 0,8mm	přes 2500x4000	přes 2500x4000		
5	podle kopir- šablony nebo s optickým syst. kopírování	na dělení materiálu v mm	na dělení materiálu v mm	na dělení materiálu v mm	na dělení materiálu v mm	na dělení materiálu v mm		ostatní
250x250	250x800	250x800	přes 250x400	250x250	250x400	250x400		ostatní
drátovou	rotujícími elektrodou	rotujícími elektrodou	rotujícími elektrodou	rotujícími elektrodou	rotujícími elektrodou	rotujícími elektrodou		ostatní
30	150	300						ostatní
6	do 1000 A	do 2000 A						ostatní
nejpoužívanější	pracovní rychlost hloubení 0,1-1,2mm.min <sup>-1</sup>	na max. up. pl. st. v mm	na max. up. pl. st. v mm	na max. up. pl. st. v mm	na max. up. pl. st. v mm	na max. up. pl. st. v mm		ostatní
500x800	630x1000	800x1250	přes 800x1250	800x1250	800x1250	800x1250		ostatní
do 2500 A	do 2500 A	do 2500 A	do 2500 A	do 2500 A	do 2500 A	do 2500 A		ostatní
nejpoužívanější	pracovní rychlost hloubení 0,1-1,2mm.min <sup>-1</sup>	na max. up. pl. st. v mm	na max. up. pl. st. v mm	na max. up. pl. st. v mm	na max. up. pl. st. v mm	na max. up. pl. st. v mm		ostatní
400x630	500x800	přes 500x800	500x800	630x1000	800x1250	přes 800x1250		ostatní
na broušení a brusivem	na broušení a brusivem	na broušení a brusivem	na broušení a brusivem	na broušení a brusivem	na broušení a brusivem	na broušení a brusivem		ostatní
pevným	volným	na odbrutování	na odbrutování	na odbrutování	na odbrutování	na odbrutování		ostatní
0,1 - 0,4	0,8 - 3,2	kusové	hromadné	kontinuální	kontinuální	kontinuální		ostatní
POZN.:								

